

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Racionalizace obrábění kroužků vahadel velkostrojů

Rationalization of Circles Lever of Large Machines

Student:

Stanislav Salaj

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2010

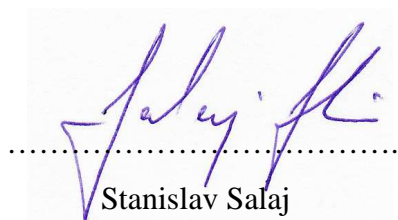
## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3)
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1996 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě.....

21.5.10'



Stanislav Salaj

Adresa trvalého pobytu diplomanta: Stanislav Salaj

Gen. Svobody 1199

783 91 Uničov

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

## **Zadání bakalářské práce**

Student: **Stanislav Salaj**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Racionalizace obrábění kroužků vahadel velkostrojů**  
**Rationalization of Circles Lever of Large Machines**

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika problému.
2. Problematika obrábění přesných rozměrných součástí.
3. Návrh technologie obrábění vybrané součásti.
4. Diskuze experimentů.
5. Technicko ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.

VASILKO Karol. *Analytická teória trieskového obrábění*. Prešov : COFIN Prešov, 2007. 338 s. ISBN 978-80-8073-759-7.

BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; SADÍLEK, Marek; PETŘKOVSKÁ, Lenka; NOVÁKOVÁ, Jana. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2007 Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.

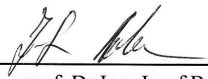
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



  
prof. Dr. Ing. Josef Brychta  
vedoucí katedry

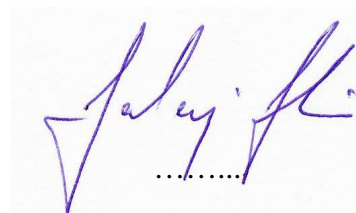
  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....



podpis studenta

**ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

SALAJ, S. Racionalizace obrábění kroužků vahadel velkostrojů: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2010 46 s., Vedoucí práce: VRBA, V.

Tématem mé bakalářské práce je racionalizace technologie výroby vnitřních kroužků vahadel velkostrojů. Práce se zabývá vhodným výběrem obráběcích strojů a nástrojů za účelem převedení výroby z konvenčních obráběcích strojů na numericky řízené stroje. Obsahem úvodní teoretické části práce je obrábění rozměrných přesných součástí. V hlavní části je popsána funkčnost součástí ve strojním zařízení, rozbor stávající technologie výroby, včetně rozboru strojů a nástrojů. Dále je zde navržena racionalizace technologie výroby, zvolením obrábění na NC stroji a návrhem nové technologie výroby včetně nástrojů. Závěrečná část pak porovnává a vyhodnocuje provedenou racionalizaci výrobního procesu výroby vnitřních kroužků.

**ANNOTATION OF THE THESIS**

SALAJ, S. Rationalization of Circles Lever of Large Machines. Ostrava: Department of Working and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 46 p. Thesis, head: VRBA, V.

Subject of my thesis is „Rationalization of Circles Lever of Large Machines“. Thesis deals with appropriate choice of drilling machines and tools for the purpose of production diversion from traditional drilling machines to numerical operated machines. Prolegomenom contents of thesis is machining of precision large parts. In the main body of thesis is described reliability performance of the parts in the machine equipment, analysis of the existing production technology, including analysis of machines and tools. Further there is proposed technology rationalization, by chosing machining on the NC machine and proposal of the new production technology, including tools. Closing part of the thesis compare and evaluate executed rationalization of the production process of the inside circles.

## **Seznam zkratek**

$a_p$  - [mm] hloubka řezu

CNC - Computer Numerical Control – počítačový řídicí systém

$f_{\min}$  - [mm] posuv minutový

$f_{ot}$  - [mm] posuv na otáčku

$G_a$  – úhel čela

$G_r$  – úhel sklonu ostří

HV - - tvrdost materiálu dle Vickerse

$n$  - [min<sup>-1</sup>] počet otáček

NC – Numerical Control – číslicové ovládání (zejména obráběcích strojů)

PD – polykrystalický diamant

PKNB – polykrystalický kubický nitrid boru

$R_m$  - [MPa] mez pevnosti materiálu v tahu

$R_e$  - [MPa] mez kluzu materiálu v tahu

SK - slinutý karbid

$T_a$  - [min] spotřeba času výroby jednoho kusu u i-té operace

$T_b$  - [min] čas pro přípravu

$T_S$  - [min] čas výroby stávající technologií

$T_N$  - [min] čas výroby novou technologií

$T_U$  - [min] celková časová úspora

$U_S$  - [Kč] úspora nákladů při výrobě stávající technologií

$U_N$  - [Kč] úspora nákladů při výrobě novou technologií

$U_C$  - [Kč] celková úspora nákladů při výrobě výrobní dávky

VBD - - vyměnitelná břitová destička

$v_C$  - [m.min<sup>-1</sup>] řezná rychlost

$R_a$  - [μm] drsnost povrchu

## Obsah

<b>Seznam zkratek .....</b>	<b>6</b>
<b>Obsah .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Obecná charakteristika daného problému .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Problematika obrábění přesných rozměrných součástí .....</b>	<b>11</b>
3.1 Obecné pojmy a terminologie .....	11
3.2 Soustružení .....	11
3.3 Frézování .....	16
3.4 Vrtání .....	19
3.5 Vyvrtávání .....	21
<b>4. Návrh technologie obrábění vybrané součásti .....</b>	<b>26</b>
4.1 Obecná charakteristika: .....	26
4.2 Materiál vnitřního kroužku: .....	27
4.3 Stávající technologický postup .....	28
4.4 Návrh nové technologie .....	32
<b>5. Technicko - ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení .....</b>	<b>41</b>
5.1 Stanovení úspory času .....	41
5.2 Stanovení úspory nákladů .....	42
5.3 Závěr vyplývající z technicko - ekonomického zhodnocení .....	43
<b>6. Závěr: .....</b>	<b>44</b>
<b>Použitá literatura: .....</b>	<b>45</b>

## **1. Úvod**

Před rokem 1989 bylo Československo založeno na extenzivním hospodaření s vysokým podílem těžkého průmyslu. Proto ani těžba a energetika nefungovaly efektivně a způsobovaly nadprůměrnou zátěž životního prostředí. Od roku 1990 prochází těžba uhlí a uhelná energetika rozsáhlou transformací. Ta byla zpočátku ovlivňována státem. Po vstupu prvních soukromých investorů v druhé polovině devadesátých let tuto transformaci stimulovala i potřeba dlouhodobé konkurenceschopnosti a potřeba společenské akceptovatelnosti ze strany zájmových skupin (stakeholders).

O tom, že povrchová těžba uhlí a uhelná energetika nejsou pohrobkem socialismu, svědčí jejich efektivní a dlouhodobé uplatnění v zemích, které si osvojovaly koncept udržitelného rozvoje a firemní společenské odpovědnosti desetiletí před námi. Nejen v Německu a Velké Británii, Řecku či Španělsku se s uhelnou energetikou počítá na příští desítky až stovky let jako s udržitelnou přechodovou technologií k jiným zdrojům energie.

Tento směr si uvědomují i naše společnosti zabývající se těžbou uhlí a uhelnou energetikou. I přes celosvětovou finanční recesi a omezené těžební limity investují tyto společnosti nemalé finanční prostředky do nákupu, oprav a rekonstrukcí těžebních a zpracovatelských technologií. Týká se to i kolesových rýpadel - zařízení pro těžbu velkých objemů zeminy, uhlí a rud povrchovým způsobem.



## **2. Obecná charakteristika daného problému**

Bakalářská práce vznikla za spolupráce s firmou MPPM s.r.o. se sídlem na adrese Olomoucká 2372/191, 785 01 Šternberk a firmou ČKD Kutná Hora a.s., Slévárna a strojírna Chrudim.

Společnost MPPM s.r.o., Šternberk je dlouholetým dodavatelem dílčích strojních dílů pro zajištění oprav kolesových rýpadel provozovaných v hnědouhelných povrchových dolech nacházejících se v severočeském regionu. Jedná se o zařízení pro těžbu velkých objemů zeminy a uhlí povrchovým způsobem.

Výkony kolesových rýpadel se pohybují od 1 200 do 5 800 m<sup>3</sup>/h a měrná rozpojovací síla od 90 do 168 kN/m. Pohyb rýpadla je zajištěn buď housenicovým (KU 300 – obr. 1) nebo kráčivým podvozkem (KU 800). Kolesová rýpadla dále členíme dle proměnlivé vzdálenosti kola od osy stroje na výsuvové a bezvýsuvové s výškovým dosahem od 15 do 35 m. Váha kolesových rýpadel se pohybuje od 550 do 5700 tun.



*Obr. 1 Velkostroj KU 300/30*

Na území České republiky se nachází cca 20 ks velkostrojů typu KU 300 a cca 40 ks zakladačů ZPD. Každý velkostroj je osazen 24 ks vahadel, ve kterých se nachází celkem 48 vnitřních kroužků. Dle plánů oprav jednotlivých těžebních společností se provádí ročně cca u 2 ks strojů kompletní výměna pojezdových vahadel a cca u 4 strojů pouze výměna vnitřních kroužků vahadel. Z tohoto vyplývá, že roční spotřeba se pohybuje mezi 250 a 300 ks vnitřních kroužků a to pouze pro Českou republiku.

Z důvodu zvýšeného požadavku těžebních společností na 100% provozuschopnost strojního vybavení dochází k značnému navýšení produkce dílčích komponentů pro opravy jednotlivých strojů. Navýšení produkce je samozřejmě limitováno snižováním cen jednotlivých nakupovaných komponent.

Cílem této bakalářské práce je návrh vhodnější technologie za použití moderních obráběcích strojů a nástrojů. Snaha je dosáhnout stejné popřípadě vyšší kvality obrábění za účelem snížení výrobních nákladů a tudíž i prodejní ceny součástí.

Při zavádění nové technologie bylo využito strojového parku společnosti ČKD Kutná Hora a.s., Slévárna a strojírna Chrudim, která je dlouholetým obchodním partnerem společnosti MPPM s.r.o., Šternberk při zajišťování dodávek dílů pro opravy kolesových rypadel. Současná výbava strojního parku společnosti je dostatečně využitelná pro nově navrhovanou technologii. V souvislosti se zavedením nové technologie nebude nutno pořizovat nové strojní vybavení.

Po změně technologie obrábění bude mít největší podíl soustružení, pro které budou vybrány vhodné stroje a nástroje umožňující zvýšení parametrů obrábění.

### 3. Problematika obrábění přesných rozměrných součástí

Technologie obrábění zaujímá ve strojírenské výrobě významné místo. Umožňuje v mnoha technologických procesech vytvořit z polotovaru výrobek požadovaného tvaru, požadované rozměrové přesnosti a jakosti obrobených ploch.

#### 3.1 Obecné pojmy a terminologie

*Obrábění* je technologický proces, kterým vytváříme povrchy obrobku určitého tvaru, rozměrů a jakosti, a to odebíráním částic materiálu pomocí účinků mechanických, elektrických, chemických apod., případně jejich kombinacemi.

*Řezání* je obrábění, při kterém dochází k odebírání částic materiálu ve tvaru třísky břitem (ostřím, řeznou hranou) řezného nástroje.

*Obrábění* je realizováno v soustavě obrábění (SNOP). Tato soustava se skládá z následujících čtyř částí (rovněž se uvažují pouze tři části bez přípravku):

- obráběcí stroj (S),
- řezný nástroj (N),
- obrobek (O),
- přípravek (P).

[4]

#### 3.2 Soustružení

Soustružení je metoda obrábění pro výrobu součástí převážně rotačních tvarů, zejména pomocí jednobřitých nástrojů různého provedení – soustružnických nožů. Je to nejjednodušší způsob obrábění, v současnosti (na klasických strojích) nejpoužívanější (proto se provádí 30 – 40 % operací obrábění na soustruzích). Obrábění na soustruzích s ručním nebo automatickým ovládáním nám umožňuje soustružit polotovary od hmotnosti několika gramů až do několika desítek tun. [4]

Soustružnické stroje představují největší podíl strojírenské obráběcí techniky. V obráběcích provozech strojírenských podniků se vyskytují ve velkém počtu typů a

vykazují různý stupeň automatizace. Z konstrukčně technologického hlediska se rozlišují soustruhy **hrotové, svislé, čelní, revolverové a speciální**. [5]

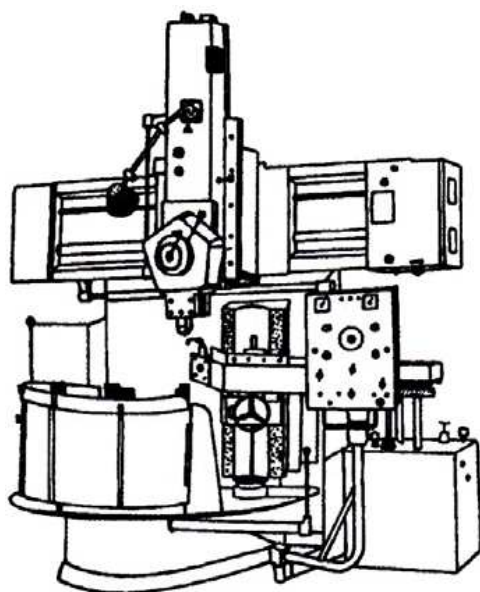
Pro obrábění přesných rozměrných součástí se používají především svislé a čelní soustruhy:

### *Svislé soustruhy*

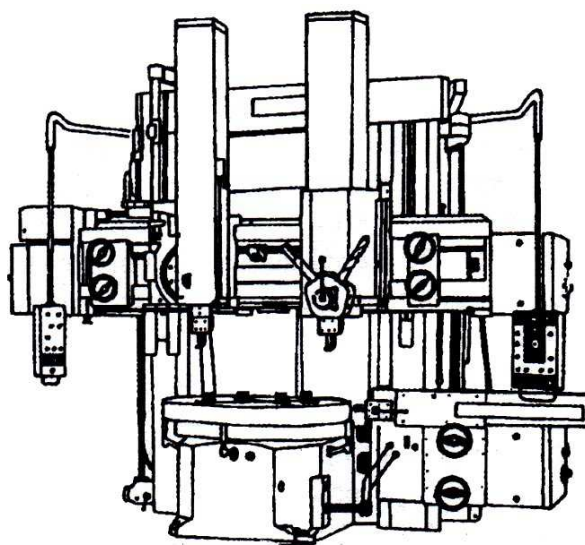
Svislé soustruhy (karusely) se vyrábějí ve dvou variantách, jednostonové (malé, do průměru upínací desky 1200 mm - obr.2, 4) a dvoustonové (velké, do průměru upínací desky 18000 mm - obr.3, 5). [5]

Svislé soustruhy se používají v kusové, malosériové a některé typy i v sériové výrobě středních a velkých rotačních součástí malého poměru délky k průměru. Hlavními částmi těchto strojů jsou otočný stůl, stojany a příčnky se suporty. Princip svislého soustruhu spočívá v tom, že je na vřeteníku upevněno sklíčidlo s obrobkem. Na stojanu se svislým vedením je jeden nebo dva příčnky s nožovou hlavou. Pohyb nástrojů je možný ve směru svislém i vodorovném. Otočný stůl je uložen u menších a středně velkých strojů na valivém vedení, u velkých stolů na vedení prizmatickém.

Na svislých soustruzích se obrábějí vnější a vnitřní válcové plochy, kuželové plochy, řezou závity, případně soustruží tvarové plochy. Jako zvláštní příslušenství mají někdy naklápěcí brousící vřeteník pro broušení vnějších i vnitřních povrchů. [5]



Obr. 2 Jednostojanový svislý soustruh



Obr. 3 Dvoustojanový svislý soustruh



*Obr. 4 Jednostojanový svislý soustruh s max. točným průměrem 12 m*

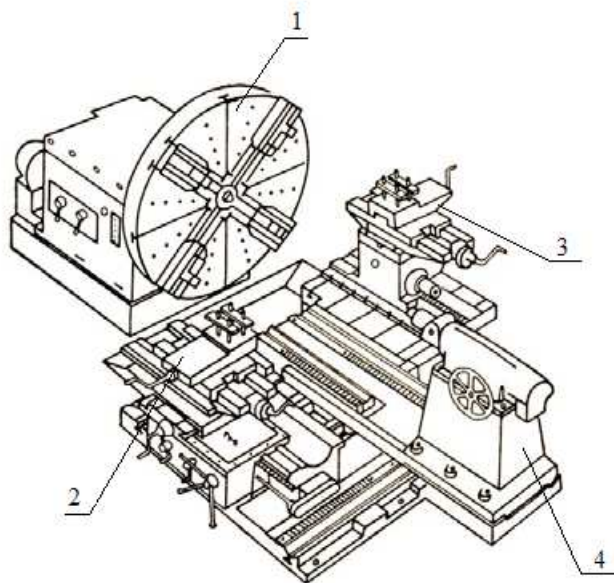


*Obr. 5 Dvoustojanový svislý soustruh s max. točným průměrem 2,5 m*



## Čelní soustruhy

Čelní soustruhy se používají pro obrábění deskovitých součástí velmi velkého průměru. Jsou vybaveny jedním nebo dvěma podélnými suporty a v některých případech mají i koník pro podepření obrobku (obr.6, 7).



Obr. 6 Čelní soustruh

1 – upínací deska, 2 – suport, 3 – suport, 4 – koník



Obr. 7 Čelní soustruh SUT 200 s točným průměrem 2m

## Nástroje

Z technologického hlediska se rozlišují soustružnické nože **radiální** (nejčastěji užívané), **prismatické**, **kotoučové** a **tangenciální**.

V závislosti na konstrukci jsou radiální nože **celistvé**, s **pájenými břitovými destičkami**, s **vyměnitelnými břitovými destičkami** (obr. 8).

Vyměnitelné břitové destičky radiálních nožů jsou vyráběny ze slinutých karbidů - SK, řezné keramiky, cermetů, polykrystalického kubického nitridu boru - PKNB a polykrystalického diamantu - PD. Břitové destičky jsou uloženy v nožovém držáku tak, aby řezné odpory směřovaly do stěn pro ně vytvořených vybrání a nezatěžovaly upínací mechanismus. Výměna destiček je rychlá a snadná a polohu břitu obvykle není třeba seřizovat. [5]



Obr. 8 Soustružnické nože s VBD

### 3.3 Frézování

Frézování je obráběcí metoda, při které je materiál obrobku odebírán břity rotujícího nástroje. Posuv nejčastěji koná obrobek, převážně ve směru kolmém k ose nástroje. U moderních frézovacích strojů jsou posuvové pohyby plynule měnitelné a mohou se realizovat ve všech směrech (obráběcí centra, víceosé CNC frézky). Řezný proces je přerušovaný, každý zub frézy odřezává krátké třísky proměnné tloušťky.

Z technologického hlediska se v závislosti na aplikovaném nástroji rozlišuje frézování **válcové** (frézování obvodem nástroje) a frézování **čelní** (frézování čelem nástroje). Od těchto základních způsobů se odvozují některé další způsoby, jako je frézování **okružní** a **planetové**. [5]

Frézovací stroje - frézky jsou vyráběny a dodávány ve velkém počtu modelů a velikostí, často pak s rozsáhlým doplňujícím příslušenstvím. Zpravidla se člení do čtyř základních skupin - konzolové, stolové, rovinné a speciální.

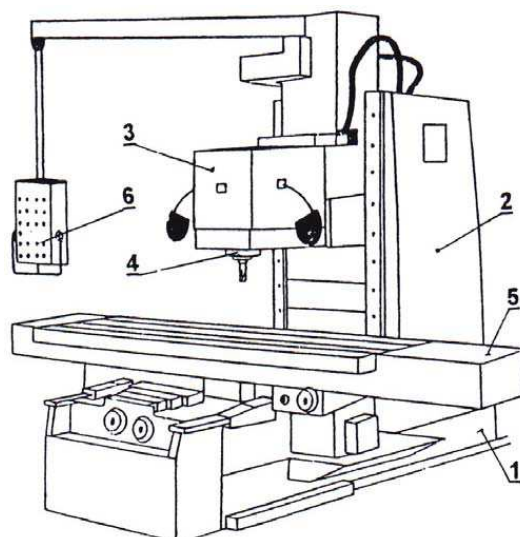
Velikost frézky určuje šířka upínací plochy stolu a velikost kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje. Dalšími důležitými technickými parametry jsou maximální délky pohybu pracovního stolu nebo vřeteníku, rozsah otáček vřetena a posuvů (případně plynulá regulace pohybů), výkon elektromotoru pro otáčení vřetena a kvalitativní parametry dosahované u obrobených ploch. [5]

Pro obrábění přesných rozměrných součástí se používají především stolové a rovinné frézky:

#### *Stolové frézky*

Stolové frézky nemají konzolu a mají obvykle podélný a příčný stůl. Pohyb ve svislém směru pro nastavení nástroje vzhledem k obrobku je zajištěn přemísťováním frézovacího vřeteníku po vedení stroje (obr.9, 10). Na stolových frézkách lze kvalitně a produktivně obrábět rozměrnější a těžší součásti. Vyrábějí se jak v provedení svislém, tak i vodorovném. [5]





Obr. 9 Svislá stolová frézka

1 - základní deska, 2 - stojan, 3 - vřeteník, 4 - vřeteno, 5 - pracovní stůl, 6 - ovládací panel

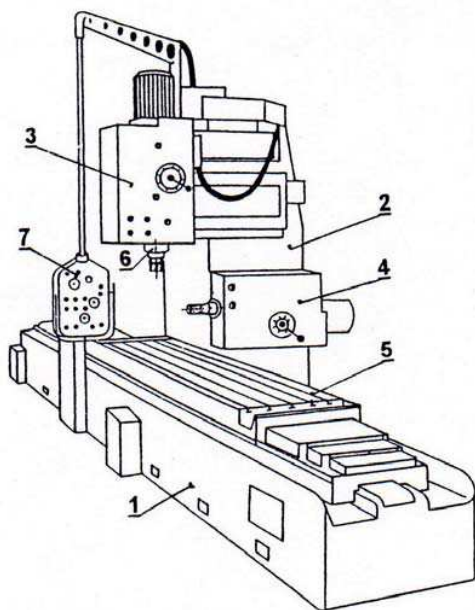


Obr. 10 Vodorovná stolová frézka FC 63

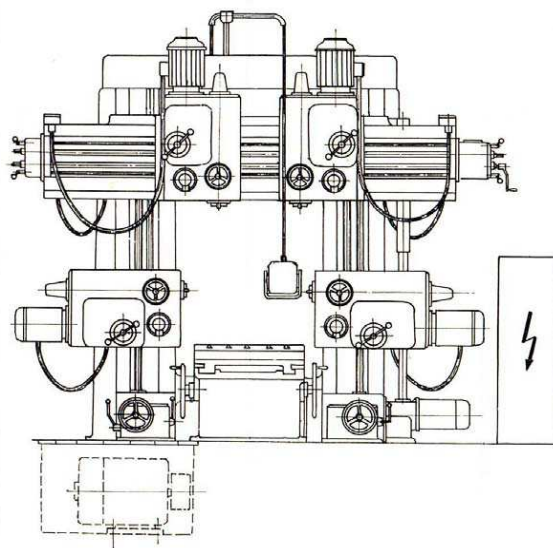
### **Rovinné frézky**

Patří mezi nejvýkonnější druh frézek (obr.11). Mají robustní konstrukci a umožňují obrábět těžké a rozměrné obrobky. Jsou vhodné pro kusovou a malosériovou výrobu, dobře se však uplatňují i v sériové výrobě. U rovinných frézek má pracovní stůl jeden stupeň volnosti, pohybuje se pouze v jednom vodorovném směru, rovinné frézky

mohou mít více vřeteníků (vodorovné i svislé), někdy jsou konstruovány jako portálové (obr. 12). [5]



Obr. 11 Rovinná frézka



Obr. 12 Rovinná portálová frézka

1 - lože, 2 - stojan, 3 - svislý vřeteník, 4 - vodorovný vřeteník; 5 - pracovní stůl, 6 - vřeteno, 7 - ovládací panel

## Nástroje

Vzhledem k mnohostrannému uplatnění frézování ve strojírenské výrobě a k velkému rozsahu technologie frézování se v současné době používá mnoho typů fréz. Frézy jsou vícebřité, někdy i tvarově složité, nástroje, které lze v závislosti na jejich technologickém uplatnění třídit do jednotlivých skupin podle různých hledisek. [5]

Podle konstrukčního uspořádání se rozlišují frézy **celistvé**, **s vloženými noži** a frézy s **vyměnitelnými břitovými destičkami** (obr. 13), mechanicky upevněnými k tělesu frézy. [4]

Vyměnitelné břitové destičky mohou být ze slinutých **karbidů**, **cermetů**, **řezné keramiky**, **KNB** a **PKD**.



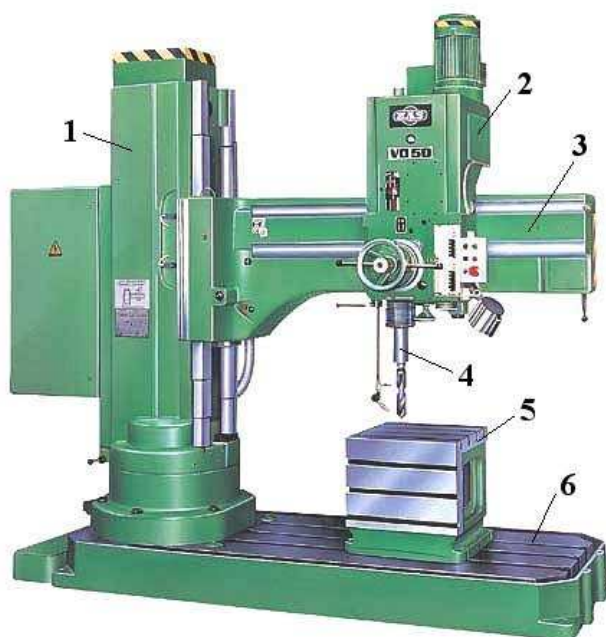
Obr. 13 Frézy s VBD

### 3.4 Vrtání

Vrtání je výrobní metoda, kterou se zhotovují díry zplna, nebo zvětšují již předpracované díry (předvrtané, předlité, předlisované, předkované, atd.). Hlavní pohyb je rotační a vykonává ho obvykle nástroj (vrták), méně často obrobek. Osa vrtáku je zpravidla kolmá k obráběné ploše, na které vrták vstupuje do obráběného materiálu. [6]

#### *Otočné vrtačky*

Radiální vrtačky (obr 14) provádějí téměř všechny vrtací operace. Používají se pro vrtání děr do větších a rozměrnějších obrobků. Jejich charakteristickým rysem je rameno, na němž se po vedení pohybuje ve vodorovném směru pracovní vřeteník. [4]



Obr. 14 Otočná vrtačka

1 - stojan, 2 - vřeteník, 3 - rameno 4 - vřeteno, 5 - upínací kostka, 6 - základová deska

### ***Speciální vrtačky***

jsou určeny pro speciální vrtací operace. Patří zde: vrtačky na vrtání hlubokých děr, vícevřetenové vrtačky, stavebnicové vrtačky, souřadnicové vrtačky, atd. [4]

### ***Nástroje***

Technologie a druh vrtání, konstrukce a geometrie použitého vrtáku jsou důležité aspekty pro rozdělení vrtáků do několika skupin“ středicí vrtáky, šroubovitě vrtáky, kopinaté vrtáky, vrtáky s vyměnitelnou špičkou, vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami (obr. 15), korunkové vrtáky, dělové a hlavňové vrtáky, ejektorové vrtáky, BTA (Boring and Trepanning Association) nebo STS (Single Tube Systém) vrtáky, vrtáky do plechu, odstupňované, speciální sdružené nástroje.



Obr. 15 Vrtáky s VBD

### 3.5 Vyvrtávání

Vyvrtávání je metoda obrábění, při níž se rozšiřují předlité, předkované, předlisované, předvrtané nebo jinými způsoby předpracované díry na požadovaný rozměr nebo tvar. Tato metoda se používá jak pro hrubování, tak pro práci na čisto.

Při vyvrtávání se obrábí vyvrtávacími noži upevněnými ve vyvrtávacích tyčích nebo hlavách. Obráběné rotační plochy mají geometrický tvar válce, kužele, čelního mezikruží nebo rotační tvarové plochy. Vyvrtáváním lze též obrábět vnitřní zápichy a řezat vnitřní závity. U složitějších obrobků mohou být všechny uvedené tvarové prvky kombinovány v různém uspořádání na jedné nebo více osách rozložených v rovině nebo prostoru. Vyvrtávací stroje navíc v případě potřeby umožňují obrábět jmenované povrchy a plochy i ve vnějším provedení.

Nejčastěji jsou však pro vyvrtávací operace používány především vodorovné vyvrtávačky (stolové nebo deskové), jemné vyvrtávačky a souřadnicové vyvrtávačky. Tyto stroje mají často koncepci vyvrtávacích obráběcích center, někdy jsou konstruovány jako jednoúčelová zařízení. Velikost vodorovných vyvrtávaček se posuzuje podle průměru vřetena - vyrábějí se ve velikostech v rozmezí od 63 do 300 mm. [6]

### ***Stolové vyvrtávačky***

Jsou charakterizovány pracovním stolem, který se pohybuje na příčných saních. Pracovní stůl se může pootočit až o 360°. Na jednom konci lože je připevněn stojan se svisle přestavitelným vřeteníkem, na druhém konci může být opěrný stojan s výškově stavitelným ložiskem pro vedení vyvrtávací tyče. Pracovní vřeteno se otáčí a zároveň vysouvá z vřeteníku (Obr. 16) [6]

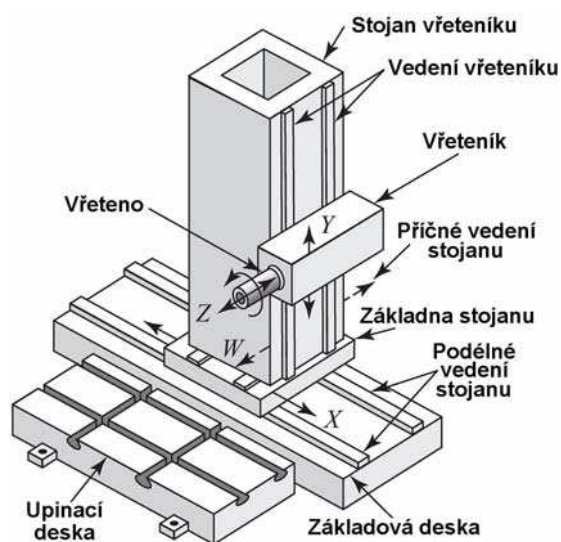


*Obr. 16 Vodorovná stolová vyvrtávačka*

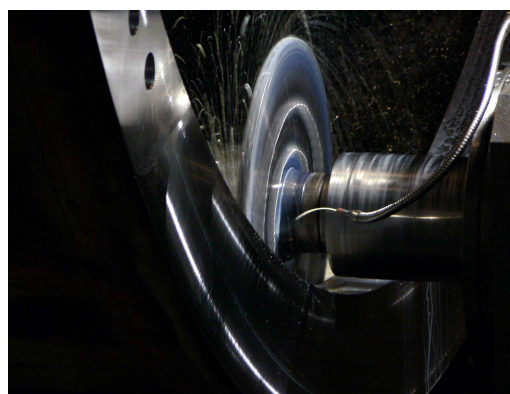
### ***Deskové vyvrtávačky***

Deskové vyvrtávačky (obr. 17, 18) nemají pracovní stůl, obrobek se upíná na upínací desku. Stojan s vřeteníkem se pohybuje podél této desky. Pokud se používá otočný stůl, upíná se na upínací desku a má samostatný pohon. [6]





Obr. 17 Vodorovná desková vyvrtávačka



Obr. 18 Vodorovná desková vyvrtávačka

### ***Jemné vyvrtávačky***

Mají jeden nebo více vřeteníků z jedné nebo obou stran lože. Obrobek se upíná na pracovní stůl, konající podélný (posuvový) pohyb po vedení lože, pohon stolu je zpravidla hydraulický, s plynulou regulací rychlosti pohybu. Vyvrtávací tyče, upínané do pracovních vřeten letmo, jsou krátké a velmi tuhé. [6]

### ***Souřadnicové vyvrtávačky***

Používají se pro vrtání přesných děr (až IT4) v přesných roztečích (s odchylkou 0,002 mm) a jsou vyráběny ve dvou variantách. První typ konstrukce má pevné lože, po němž se podélně pohybuje pracovní stůl a v příčném směru se nastavují souřadnice vřeteníkem posouvaným po příčnici. U druhé konstrukční varianty se souřadnice v obou směrech nastavují podélným a příčným stolem, pracovní vřeteník lze pouze posouvat svisle po stojanu stroje. K odměřování souřadnic slouží obvykle optický systém. U moderních strojů se používají CNC řídicí systémy. [6]

### ***Nástroje***

U vyvrtávacích nástrojů se používají vyvrtávací nože, které jsou konstrukčně podobné soustružnickým nožům. Požaduje se u nich možnost seřízení nástroje na předepsaný rozměr před upnutím. Podle upnutí známe letmý vyvrtávací nástroj a podepřený vyvrtávací nástroj. Podle konstrukce dělíme na vyvrtávací tyče, vyvrtávací hlavy (obr. 19). Dle charakteru operace dělíme nástroje na hrubovací, dokončovací a pro jemné vyvrtávání. Dále můžeme použít nástroje běžně používané při frézování (frézovací hlavy) či při vrtání (vrtáky s VBD). [4]





*Obr. 19 Vybírávací nástroje s VBD*

## 4. Návrh technologie obrábění vybrané součásti

### 4.1 Obecná charakteristika:

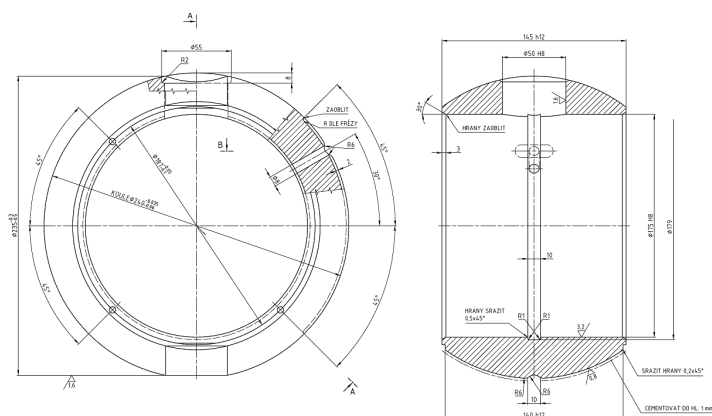
Cílem této bakalářské práce je najít vhodnější technologii obrábění Vnitřního kroužku v podmínkách firmy ČKD Kutná Hora a.s., Slévárna a strojírna Chrudim. Výsledkem bude nová technologie výroby, jež sníží čas potřebný k výrobě součásti, minimalizuje počet nástrojů a přípravků. Podmínkou je dodržení požadované přesnosti a nepřekročení stávajících výrobních nákladů.

Pro dosažení cíle této bakalářské práce bylo potřeba provést:

- analýzu stávajícího stavu technologie obrábění
- návrh technologie obrábění dané součásti s dosažením požadovaných parametrů
- experimentální ověření návrhu včetně vyhodnocení,
- technicko-ekonomické zhodnocení.

Vnitřní kroužek č.v. 3MP-2385 (Příloha A) má funkci kulového ložiska ve vahadlovém podvozku velkostroje typu KU 300 nebo pasového vozu typu PVZ, č.v.100 400-A (Příloha B). Vnitřní kroužek společně s vnějším kroužkem tvoří kulové ložisko částečně eliminující náklon housenicového podvozku způsobeného nerovností terénu. V otvoru vnitřního kroužku je nalisováno pouzdro, kterým prochází čep, na kterém jsou nalisována pojezdová kola.

Z hlediska obrábění se jedná o rotační součást na jejíž výrobě má největší podíl práce na soustruhu a brusce.





Obr. 20 Vnitřní kroužek, vahadlo s namontovaným vnitřními kroužky, kompletně smontované vahadlo

## 4.2 Materiál vnitřního kroužku:

Materiál kroužků je Mn-Cr ocel k cementování 16MnCr5 ČSN EN 10084-94 (14 220.1 ČSN 41 4220), která je vhodná pro výrobu strojních součástí k cementování s velkou pevností v jádře, např. hřídele, ozubená kola, pístní čepy, zubové spojky. Jedná se martinskou ocel nebo elektroocel.

Jako polotovaru pro výrobu kroužků se používá výkovku ve tvaru mezikruží o rozměrech  $\varnothing 255^{+5}_{-7} / \varnothing 160^{+7}_{-5} \times 157^{+5}_{-3}$  mm v provedení dle TDP ČSN 42 0276.50.

Obrobitelnost materiálu dle ČSN 41 4220 ve stavu .3 je při  $R_m \leq 640$  MPa pro soustružení, hoblování, frézování a vrtání 14b. Obrobitelnost materiálu ve stavu .6 je při  $R_m \leq 880$  MPa pro soustružení, hoblování, frézování a vrtání 12b. Obrobitelnost materiálu ve stavu .4 (po cementaci a kalení) je při  $R_m \leq 1240$  MPa pro soustružení, hoblování, frézování a vrtání 10b.

Základní vlastnosti pro polotovar výkovku jsou uvedeny v materiálovém listu viz. Příloha C.

### 4.3 Stávající technologický postup

V současnosti se vnitřní kroužek vyrábí dle následujícího technologického postupu – schematicky (tab. 1):

TECHNOLOGICKÝ POSTUP				
<b>Název:</b> Vnitřní kroužek			<b>Číslo výkresu:</b> 3MP-2385	
<b>Sestava:</b> Vahadlo			<b>Číslo sestavy:</b>	
<b>Rozměr polotovaru:</b> Ø255/ Ø160x157	<b>Jakost mater.:</b> 16MnCr5	<b>Norma:</b> ČSN 42 0276.50	<b>Hmotnost:</b> 17,2 kg	<b>Počet ks.:</b> 48
<b>č.o.</b>	<b>Pracoviště, popis práce</b>			<b>Ta (min.)</b> <b>Tb (min.)</b>
001	SU 50A Hrubovat čelo a vnitřní průměr na Ø165, přepnout za otvor, hrubovat vnější průměr na Ø245, šířku na 155, na povrchu srazit hranu 25 v délce 37, samostatně opracované čelo označit.			45 16
002	Šlechtit dle tepelné návodky			
003	SU 50A Na stroj upnout unášecí přípravek a soustružit kouli s přídavkem 0,5 mm na plochu.			52 30
004	Cementovat do hloubky 1,7÷2 mm			
005	SU 50A Upnout do přípravku, soustružit Ø235 (-0,3/-0,5), přepnout za vnější průměr a soustružit otvor na Ø173, čelo s přídavkem 2 mm na plochu. Přepnout za otvor, soustružit druhé čelo s přídavkem 2 mm na plochu. Míru 145h12 oboustranně hotově do Ø187, dále s přídavkem 2 mm na plochu, samostatně opracované čelo označit.			62 27

006	Rýsování Rýsovat mazací drážky.	
007	W100A Upnout na stůl, vyrovnat, předvrtat do hloubky 10 zhloubení Ø55 hotově, frézovat mazací drážky.	22 29
008	Zámečnické práce Hrany u drážek zaoblit.	
009	Kalit dle tepelné návodky.	
010	TK1250 Tryskat.	
011	SU 50A Upnout za povrch, přesně vyrovnat, soustružit otvor Ø175H8 s přídávkem pro brus, mazací drážku Ø179 hotově, čela hotově, hrany srazit, přepnout, zarovnat druhé čelo na míru, hrany srazit, samostatně opracované čelo označit.	56 27
012	BUT63 Výměna kotouče a krytu, vyrovnat kotouč, brousit otvor na Ø175H8 hotově.	30 120
013	BUT63 Výměna kotouče a krytu, vyrovnat kotouč, na trnu brousit Ø240(-0,035/-0,060) hotově.	33 150
014	W100A Upnout za neoznačené čelo, vrtat Ø50H8, vrtat Ø8.	40 29
015	Zámečnické práce Srazit ostří po strojním opracování.	

Tab. 1 Stávající technologický postup

Po provedení analýzy stávajícího technologického postupu se nejslabším místem jeví opracování, které se provádí na soustruhu SU 50A. Nejproblematictější a nejzdlouhavějším úkonem je zde instalace a ustavení kopírovacího zařízení a způsob hrubování kulové plochy, které se provádí postupným soustružením dle šablony při max. třísce 3 mm. Při tomto způsobu nejprve nůž opracovává rohy a až po několika

třískách dochází k opracování celé kulové plochy, nůž při prvních třískách neefektivně opracovává pouze vzduch.

Dalším ze slabých míst se jeví broušení vnitřního otvoru kroužku. Dlouhý časový úsek zabírá výměna a ustavení brousících kotoučů.

Z tohoto důvodu se zaměřím na změnu technologie obrábění právě v technologických operacích obrábění soustružením a broušením.

#### Soustružení:

Stroj: Soustruh hrotový

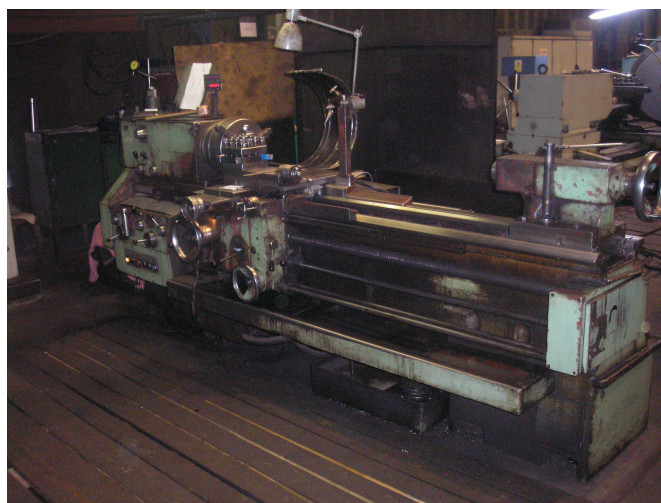
Typ: SU 50A s kopírovacím zařízením (obr. 21)

Výrobce TOS Kuřim

Oběžný průměr nad ložem: 500 mm

Vzdálenost hrotů: 2000 mm

Oběžný průměr nad suportem: 250 mm



*Obr. 21 Hrotový soustruh SU 50A*

#### Řezné podmínky:

Hrubování: Řezná rychlost  $v_c = 60 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,5 \text{ mm}$

Tloušťka odebírané vrstvy  $a_p = 3 \text{ mm}$

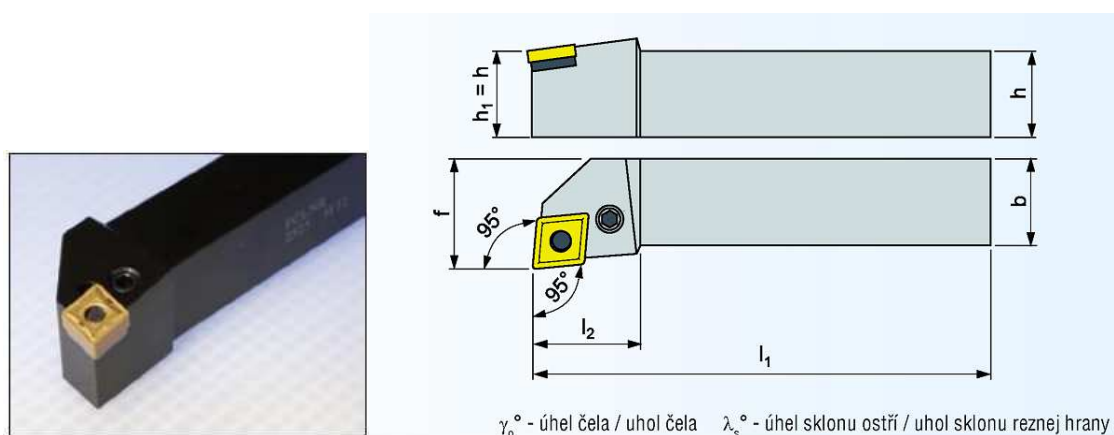
Dokončování: Řezná rychlost  $v_c = 90 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,15 \text{ mm}$

Tloušťka odebírané vrstvy  $a_p = 1 \text{ mm}$

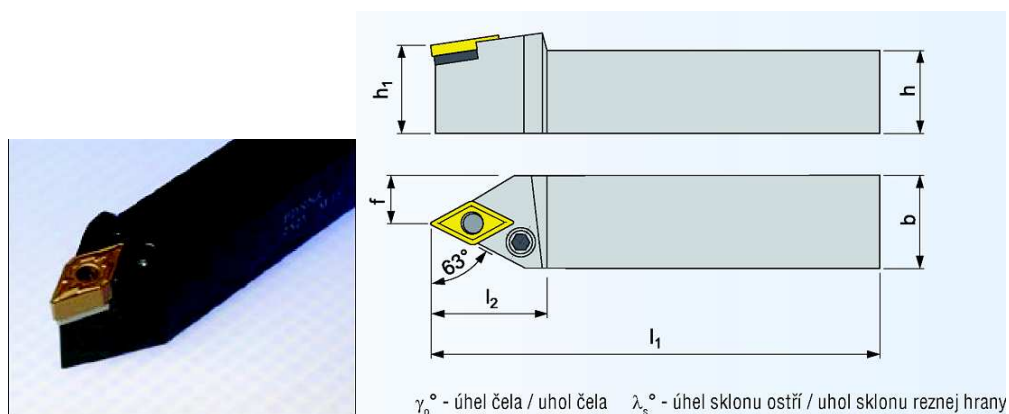
Nástroje:

Pro hrubování základního tvaru vnitřního kroužku se používá nožového držáku PCLNR 3225 P16 (obr. 22), osazeného vyměnitelnými břitovými destičkami CNMG 160612E-R, materiál VBD: 6630.



Obr. 22 – Nožový držák PCLNR 3225 P16

Pro hrubování kulové plochy vnitřního kroužku se používá nožového držáku PDNNR/L 3225 P15 (obr. 23), osazeného vyměnitelnými břitovými destičkami DNMM 150612E-OR, materiál VBD: 9230.



Obr. 23 – Nožový držák PDNNR/L 3225 P15



Pro soustružení na čisto kulové plochy vnitřního kroužku se používá nožového držáku PDNNR/L 3225 P15 (obr. 23), osazeného vyměnitelnými břitovými destičkami DNMG 150604E-F, materiál VBD: 9230.

#### Broušení:

Stroj: Bruska hrotová

Typ: BUT 63 (obr. 24)

Výrobce TOS Hostivař



*Obr. 24 Bruska hrotová BUT 63*

## **4.4 Návrh nové technologie**

Výroba součástí je převedena ze starších konvenčních strojů na modernější a výkonnější strojní zařízení s použitím výkonnějších a odolnějších nástrojů.

Stroj pro obrábění vnitřních kroužků byl vybrán univerzální NC soustruh SPT 32NC výrobce Kovosvit MAS a.s., Sezimovo Ústí, který zajistí rychlejší a kvalitnější výrobu ve spojení s nově navrženými nástroji. Předností NC soustruhu je přesné a rychlé obrábění válcových i neválcových rotačních ploch.



Operace hrubování základního tvaru kroužku na soustruhu SU 50A zůstane zachována a z důvodu, že se jedná o kalibraci surového výkovku na polotovar přesných rozměrů.

Vyhrubování základního tvaru koule provedeme „hrubováním“ na schody a poté provedeme soustružení základního tvaru koule v jedné sloučené operaci prováděné na výše uvedeném NC soustruhu SPT 32NC.

Dále se nabízí další využití obrábění na NC soustruhu a to v operacích kdy se provádí soustružení (broušení) otvoru a čel na hotovo a při soustružení pásku, sloužícího pro montáž vnitřního kroužku do vahadla podvozku.

#### Soustružení:

Stroj: Soustruh NC

Typ: SPT 32 NC (obr. 25)

Výrobce Kovosvit MAS a.s., Sezimovo Ústí

Poloautomatický soustruh je určen pro obrábění hřídelí max. Ø 320mm, max.délky 1500mm a přírub max. Ø 420mm a max.délky 250 mm. Stroj umožňuje využití v kusové nebo malosériové výrobě pro soustružení povrchových, čelních i vnitřních ploch válcových, kuželových nebo kulových. Dále je možné vrtání, vystružování a soustružení otvorů, řezání závitů vnějších i vnitřních.



Obr. 25 Poloautomatický soustruh SPT 32 NC

**Největší oběžný průměr nad ložem 490 mm**

**Největší délka obrábění hřídel.součástí při použití koníka 1500 mm**

**Max. hmotnost obrobku 300 kg**

**Rozsah plynule řízených otáček 40 – 3200 1/min**

**Rychloposuvy – zvýšení na max. 15 000 mm/min**

**Výkon hlavního motoru vřetene 22 (28) kW**

**Půdorysná plocha 7600 x 2700 mm**

**Hmotnost stroje 8100 kg**

Pro níže uvedený upravený technologický postup s využitím opracování na poloautomatickém soustruhu navrhuji použití následujících řezných podmínek:

Hrubování: Řezná rychlost  $v_c = 150 \text{ m.min}^{-1}$

Posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,5 \text{ mm}$

Tloušťka odebírané vrstvy  $a_p = 3 \text{ mm}$

Dokončování: Řezná rychlost  $v_c = 120 \text{ m.min}^{-1}$

Posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,3 \text{ mm}$

Tloušťka odebírané vrstvy  $a_p = 1 \text{ mm}$

Po úpravě technologie obrábění uvádím nový technologický postup (tab. 2)

<b>TECHNOLOGICKÝ POSTUP</b>				
<b>Název:</b> Vnitřní kroužek			<b>Číslo výkresu:</b> 3MP-2385	
<b>Sestava:</b> Vahadlo			<b>Číslo sestavy:</b>	
<b>Rozměr polotovaru:</b> Ø255/ Ø160x157	<b>Jakost mater.:</b> 16MnCr5	<b>Norma:</b> ČSN 42 0276.50	<b>Hmotnost:</b> 17,2 kg	<b>Počet ks.:</b> 48
<b>č.o.</b>	<b>Pracoviště, popis práce</b>			<b>Ta (min.)</b> <b>Tb (min.)</b>
001	SU 50A Hrubovat vnitřní průměr na Ø165, vnější průměr na Ø245, šířku na 155, na povrchu srazit hranu 25x45°.			40 15
002	Šlechtit dle tepelné návodky.			
003	SPT 32NC Upnout za otvor hrubovat schody z jedné strany. Otočit, hrubovat chody z druhé strany. Čelo zarovnat na míru 152. Soustružit kouli s přídávkem pro brus 0,25 mm na plochu. Samostatně opracované čelo označit.			18 15
004	Cementovat do hloubky 1,2-1,5 mm			
005	SPT 32NC Upnout, soustružit Ø235 (-0,3/-0,5), přepnout za vnější průměr a soustružit otvor na Ø172. Míru 145h12 oboustranně hotově do Ø187, dále s přídávkem 2 mm na plochu, samostatně opracované čelo označit.			15 25
006	Rýsování Rýsovat mazací drážky.			
007	W100A Upnout na stůl, vyrovnat, předvrtat do hloubky 10, zahloubení Ø55 hotově, frézovat mazací drážky.			22 29

008	Zámečnické práce Hrany u drážek zaoblit.	
009	Kalit dle tepelné návodky.	
010	TK1250 Tryskat.	
011	SPT 32NC Upnout za povrch, přesně vyrovnat, soustružit otvor $\varnothing 175H8$ hotově, mazací drážku $\varnothing 179$ hotově, čela hotově, hrany srazit, přepnout, zarovnat druhé čelo na míru, hrany srazit, samostatně opracované čelo označit.	18 25
012	BUC63A Vyrovnat kotouč, na trnu brousit $\varnothing 240(-0,035/-0,060)$ hotově.	33 150
013	W100A Upnout za neoznačené čelo, vrtat $\varnothing 50H8$ , vrtat $\varnothing 8$ .	40 29
014	Zámečnické práce Srazit ostří po strojním opracování.	

Tab. 2 Technologický postup po změně strojního pracoviště

Nástroje:

Pro hrubování tvaru na schody použijeme nožového držáku PCLNR 32 25 P16 (obr. 26.), osazeného VBD: CNMM 160612 E-DR (obr. 27), materiál VBD 6630

151-155, 227

$\gamma_e^\circ$  - úhel čela / uhol čela       $\lambda_e^\circ$  - úhel sklonu ostří / uhol sklonu reznej hrany


## NŮŽ PRO VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ / NŮŽ PRE VONKAJŠIE SÚSTRUŽENIE

ISO	R/L	Rozměry / Rozmery [mm]										kg	ND	VBD VRD
		h/h <sub>1</sub>	b	f	l <sub>1</sub>	l <sub>2max</sub>				$\lambda_e^\circ$	$\gamma_e^\circ$			
PCLNR/L 2020 K 12	●/●	20	20	25	125	36				-6	-6	0,42	PC22	CNM. 1204...E
*PCLNR/L 2525 K 12-S	●/●	25	25	32	125	36				-6	-6	0,68	PC20	CNM. 1204...E
PCLNR/L 2525 M 12	●/●	25	25	32	150	36				-6	-6	0,68	PC20	CNM. 1204...E
*PCLNR/L 3225 L 12-S	●/○	32	25	32	140	36				-6	-6	0,85	PC20	CNM. 1204...E
PCLNR/L 3225 P 12	●/●	32	25	32	170	36				-6	-6	0,85	PC20	CNM. 1204...E
PCLNR/L 3225 P 16	●/●	32	25	32	170	40				-6	-6	1,10	PC40	CNM. 1606...E
PCLNR/L 3232 P 19	●/●	32	32	40	170	45				-6	-6	1,40	PC50	CNM. 1906...E
PCLNR/L 4040 R 19	●/●	40	40	50	200	45				-6	-6	2,60	PC50	CNM. 1906...E
PCLNR/L 4040 S 19	●/●	40	40	50	250	45				-6	-6	3,15	PC50	CNM. 1906...E
PCLNR/L 4040 S 25	●/●	40	40	50	250	45				-6	-6	3,20	PC60	CNM. 2509...E
PCLNR/L 5050 T 25	●/●	50	50	60	300	50				-6	-6	5,80	PC60	CNM. 2509...E

Obr. 26 – Nožový držák PCLNR 3225 P16

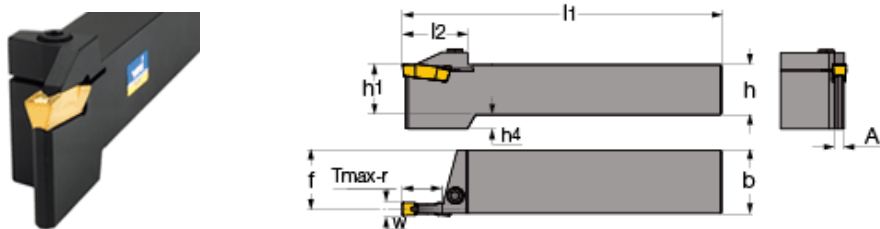
Velikost Vel'kosť	(l)	d	d <sub>1</sub>	s
<b>1204</b>	12,9	12,700	5,16	4,76
<b>1606</b>	16,1	15,875	6,35	6,35
<b>1906</b>	19,3	19,050	7,94	6,35
<b>2509</b>	25,8	25,400	9,12	9,52

Nástroje viz str. / Nástroje vid' str.: 17, 23, 30-32, 49, 56, 57, 76, 77

Utvařec	ISO	ANSI	Materiály / Materiály							Rádus Rádus	Posuv na ot. Posuv na ot.		Hloubka řezu Hĺbka rezu	
			6630	6635	6640	9210	9235	8030	8040	r <sub>c</sub>	f <sub>min</sub>	f <sub>max</sub>	a <sub>p min</sub>	a <sub>p max</sub>
	CNMM 160612E-DR	CNMM 543E-DR	●	○	●	●	●	●	1,2	0,30	0,85	2,5	9,0	
	CNMM 190608E-DR	CNMM 642E-DR	●	○	●	●	●	●	0,8	0,30	0,60	2,5	9,0	
	CNMM 190612E-DR	CNMM 643E-DR	●	○	●	●	●	●	1,2	0,30	0,85	2,5	9,0	
	CNMM 190616E-DR	CNMM 644E-DR	●	○	●	●	●	●	1,6	0,30	0,85	2,5	9,0	

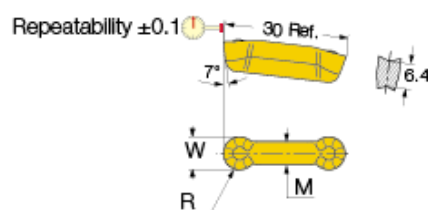
Obr. 27 – VBD CNMG 160612

Pro dokončovací soustružení tvaru kroužku použijeme nožového držáku GHDR 32-8 (obr. 28), osazeného vyměnitelnými břitovými destičkami GDMY840 (obr. 29), materiál VBD: IC 635.



h	W min	W max	Tmax-r	b	l1	f	A	l2	h4	R/L
32.0	6.60	8.30	25.00	32.0	170.00	29.0	6.00	40.0	-	R

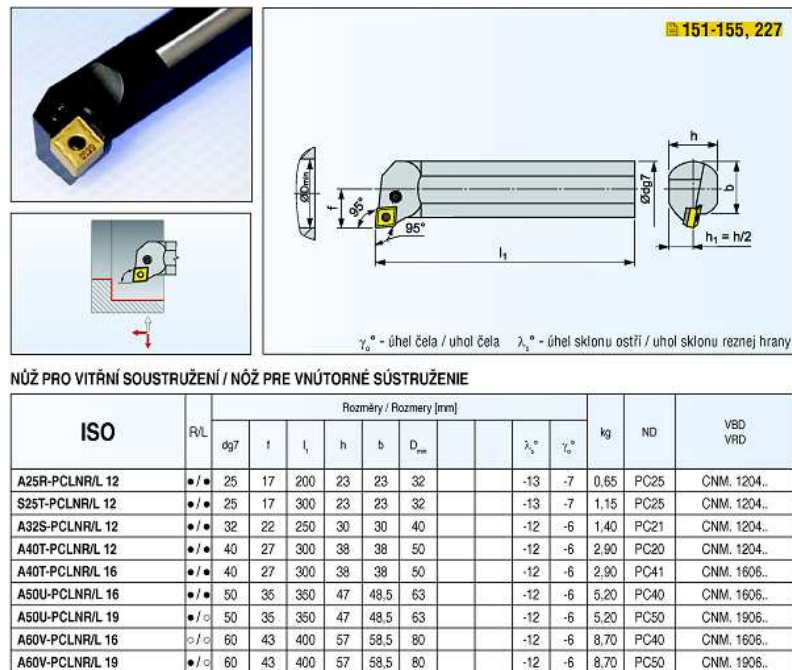
Obr. 28 – Nožový držák GHDR 32-8



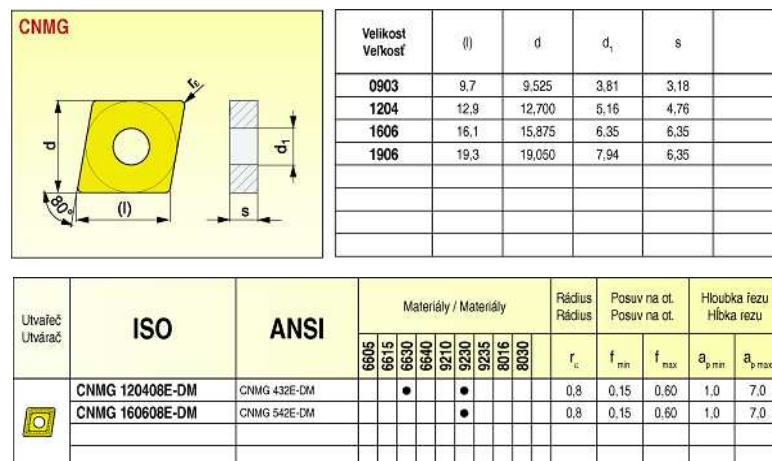
W±0.05	R	R±toler	M	Tmax-r	Tmax-a
8.00	4.00	0.050	5.6	25.00	25.0
Ap(max)	ft(min)	ft(max)	fg(min)	fg(max)	
4.00	0.32	0.67	0.18	0.34	

Obr. 29 – VBD GDMY 840

Pro dokončovací soustružení otvoru kroužku použijeme nožového držáku A50U-PCLNR-16 (obr. 30), osazeného vyměnitelnými břitovými destičkami CNMM 120608E-DM (obr. 31), materiál VBD: 9230.



Obr. 30 – Nožový držák A50U PCLNR-16



Obr. 31 – VBD CNMA 120408



Pro ukázkou předkládám několik fotografií z průběhu výroby dle nové navržené technologie (obr. 32, 33, 34, 35)



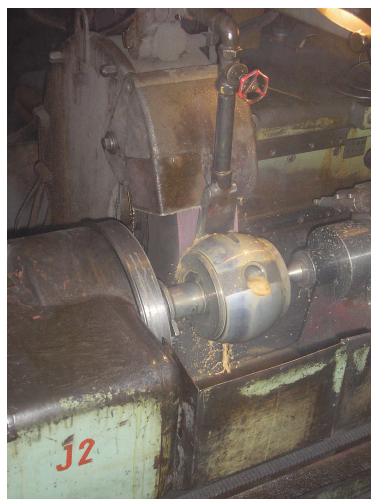
*Obr. 32 – Soustružení čela*



*Obr. 33 – Soustružení otvoru po kalení*



*Obr. 34 – Frézování mazacích drážek*



*Obr. 35 – Broušení konečného tvaru koule*



## 5. Technicko - ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení

Porovnání stávající a navrhované technologie výroby je postaveno na vyčíslení časové a finanční úspory, které vzniknou užitím nové technologie výroby místo technologie stávající. Vychází se z původního a upraveného technologického postupu a údajů poskytnutých firmou ČKD Kutná Hora a.s., Slévárna a strojírna Chrudim.

Technicko-ekonomické hodnocení bude vypracováno pro výrobní dávku tj. 48 ks vnitřních kroužků

### 5.1 Stanovení úspory času

#### Původní technologie:

$$T_{op} = k \times T_{aop} + T_{bop}$$

Operace soustružení:

$$T_{S001} = 48 \times 45 + 16 = 2\,176 \text{ [min]}$$

$$T_{S003} = 48 \times 52 + 30 = 2\,526 \text{ [min]}$$

$$T_{S005} = 48 \times 62 + 27 = 3\,003 \text{ [min]}$$

$$T_{S011} = 48 \times 56 + 27 = 2\,715 \text{ [min]}$$

$$T_{SSOU} = 2\,176 + 2\,526 + 3\,003 + 2\,715 = 10\,420 \text{ [min]}$$

Operace broušení:

$$T_{S012} = 48 \times 30 + 120 = 1\,560 \text{ [min]}$$

$$T_{S013} = 48 \times 33 + 150 = 1\,734 \text{ [min]}$$

$$T_{SBROU} = 1\,560 + 1\,734 = 3\,294 \text{ [min]}$$

Celková průběžná doba pro operace soustružení a broušení

$$T_S = T_{SSOU} + T_{SBROU} = 10\,420 + 3\,294 = 13\,714 \text{ [min]}$$

**Nově navržená technologie:**

Operace soustružení:

$$T_{N001}=48 \times 40+15=1\,935 \text{ [min]}$$

$$T_{N003}=48 \times 18+15=879 \text{ [min]}$$

$$T_{N005}=48 \times 15+25=745 \text{ [min]}$$

$$T_{N011}=48 \times 18+25=889 \text{ [min]}$$

$$T_{NSOU}=1\,935+879+745+889=4\,448 \text{ [min]}$$

Operace broušení:

$$T_{N012}=48 \times 33+150=1\,734 \text{ [min]}$$

$$T_{NBROU}=1\,734 \text{ [min]}$$

Celková průběžná doba pro operace soustružení a broušení

$$T_N = T_{NSOU} + T_{NBROU} = 4\,448 + 1\,734 = 6\,182 \text{ [min]}$$

**5.2 Stanovení úspory nákladů**

Z ekonomického hodnocení úspor vypustíme u obou technologií operaci č.001

**Původní technologie:**

Hodinová sazba soustruhu SU 50 = 350 Kč

Hodinová sazba brusky BUT 63 = 470 Kč

$$T_{SSOU}=2\,526+3\,003+2\,715=8\,244 \text{ [min]} = 137,4 \text{ [hod]}$$

$$T_{SBROU}=1\,560+1\,734=3\,294 \text{ [min]} = 54,9 \text{ [hod]}$$

$$U_{SSOU} = T_{SSOU} \times \text{sazba} = 137,4 \times 350 = 48\,090 \text{ Kč}$$

$$U_{SBROU} = T_{SBROU} \times \text{sazba} = 54,9 \times 470 = 25\,803 \text{ Kč}$$

$$U_S = U_{SSOU} + U_{SBROU} = 48\,090 + 25\,803 = 73\,893 \text{ Kč}$$

**Nově navržená technologie:**

Hodinová sazba poloautomatického soustruhu SPT 32NC = 560 Kč

Hodinová sazba brusky BUT 63 = 470 Kč

$$T_{\text{NSOU}}=879+745+889=2\,513 \text{ [min]} = 41,9 \text{ [hod]}$$

$$T_{\text{NBROU}}=1734 \text{ [min]} = 28,9 \text{ [hod]}$$

$$U_{\text{NSOU}}= T_{\text{NSOU}} \times \text{sazba}=41,9 \times 560=23\,464 \text{ Kč}$$

$$U_{\text{NBROU}}= T_{\text{NBROU}} \times \text{sazba} = 28,9 \times 470=13\,582 \text{ Kč}$$

$$U_{\text{N}}= U_{\text{NSOU}}+ U_{\text{NBROU}}=23\,464+13\,582=37\,046 \text{ Kč}$$

**5.3 Závěr vyplývající z technicko - ekonomického zhodnocení**

Celková časová úspora

$$T_{\text{U}}=T_{\text{S}}-T_{\text{N}}=13\,714 - 6\,182=7\,532 \text{ [min]} = 125,53 \text{ [hod]}$$

Celková úspora nákladů

$$U_{\text{U}}=U_{\text{S}}-U_{\text{N}}=73\,893 - 37\,046=36\,847 \text{ Kč}$$

Technicko – ekonomické hodnocení bylo vypracováno pouze pro výrobní operace, které byly předmětem racionalizace technologie výroby

Navrhované řešení přineslo úsporu jak nákladů, tak času potřebného k výrobě kroužku. V přepočtu na jeden kus dělá úspora 767 Kč.

## **6. Závěr:**

Hlavním cílem této bakalářské práce byla provedení racionalizace technologie obrábění vnitřních kroužků vahadel s cílem snížit čas a náklady výroby za předpokladu využití stávajícího strojního zařízení a vybavení výrobce, firmy ČKD Kutná Hora a.s., Slévárna a strojírna Chrudim. V průběhu bakalářské práce byl proveden rozbor stávající technologie výroby.

Racionalizace spočívá v realizaci operací, doposud prováděných na konvenčních strojích, na modernějším strojním zařízení, na kterém dochází ke snížení průběžné doby výroby i ke snižování nákladů na výrobu.

Navrhovaná technologie výroby splňuje veškeré technologické a ekonomické požadavky a proto je vhodná k realizaci ve společnosti ČKD Kutná Hora a.s., Slévárna a strojírna Chrudim.

## **Poděkování:**

Na závěr děkuji p. Robertu Losíkovi, Ing. Jiřímu Matějkovi a doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc. za cenné a podnětné rady při vypracování této bakalářské práce.

### **Použitá literatura:**

- [1] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef, ČEP, Robert.. *Top trendy v obrábění , II. část – Nástrojové materiály*, Žilina: MEDIA/ST, s.r.o., 2006, 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [2] HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno: MM Publishing Praha, 2008, 235 s., Brno, 1995, 265s. ISBN 987 – 8 – 254 – 2250 - 2.
- [3] BRYCHTA, J.; HAVRILA, M.; JURKO, J.; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábění, 1. část – Obrabvané materiály*. Žilina: Media/ST, s.r.o., Žilina, 2006, 193 s. IBSN 80 – 968954 – 2 – 7.
- [4] BRYCHTA, Josef.; ČEP, Robert.; SADÍLEK, Marek.; PETŘKOVSKÁ, Lenka; NOVÁKOVÁ Jana. *Nové směry v obrábění*. Ostrava:VŠB-TU Ostrava, 2007.
- [5] HUMÁR, A. *Technologie I – technologie obrábění – 1 část*. VUT Brno 2003
- [6] HUMÁR, A. *Technologie I – technologie obrábění – 2 část*. VUT Brno 2004
- [7] BRYCHTA, Josef.; ČEP, Robert.; PETŘKOVSKÁ, Lenka; NOVÁKOVÁ Jana. *Technologie II. 1. díl*. Ostrava:VŠB-TU Ostrava, 2007.
- [8] BRYCHTA, Josef.; ČEP, Robert.; PETŘKOVSKÁ, Lenka; NOVÁKOVÁ Jana. *Technologie II. 2. díl*. Ostrava:VŠB-TU Ostrava, 2008.

Použité webové stránky:

[www.iscar.cz](http://www.iscar.cz)

[www.pramet.cz](http://www.pramet.cz)

[www.tyroline.cz](http://www.tyroline.cz)

[www.czechcoal.cz](http://www.czechcoal.cz)

[www.unex.cz](http://www.unex.cz)

<http://cs.wikipedia.org>

Seznam příloh:

A – Výkres vnitřního kroužku 3MP-2385

B – Výkres sestavy vahadla 100 400-A

C – Materiálový list materiálu 16MnCr5 ČSN EN 10084